Aula 20

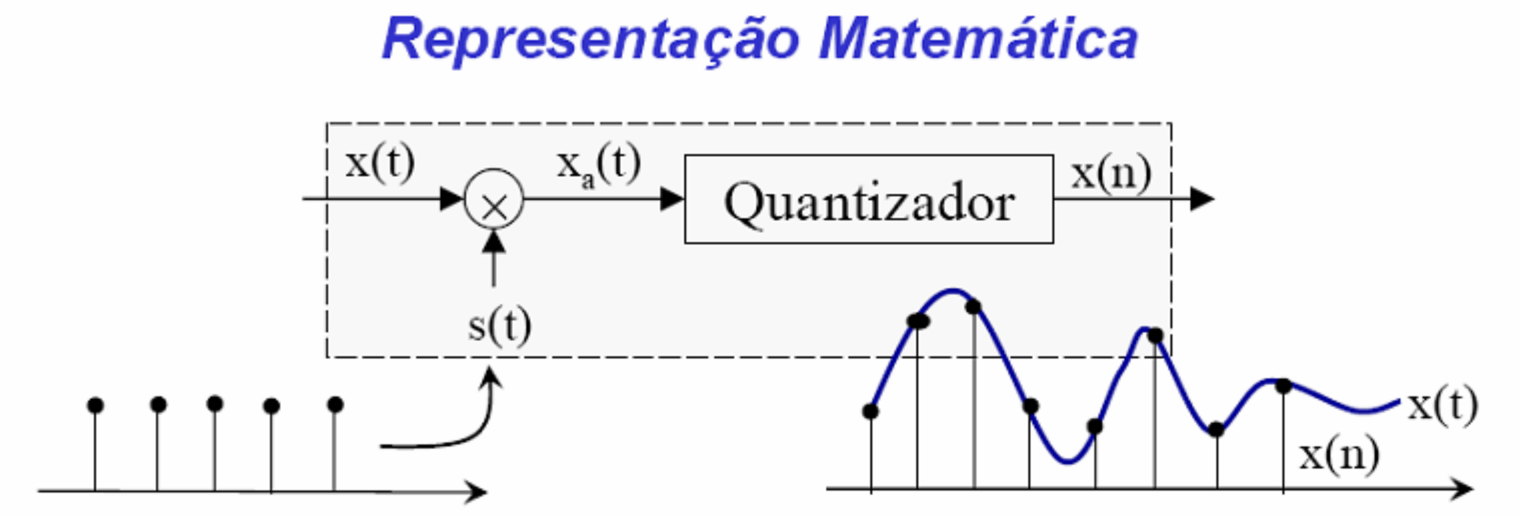
Teoria da Amostragem

SEL 0414 - Sistemas Digitais

Prof. Dr. Marcelo Andrade da Costa Vieira

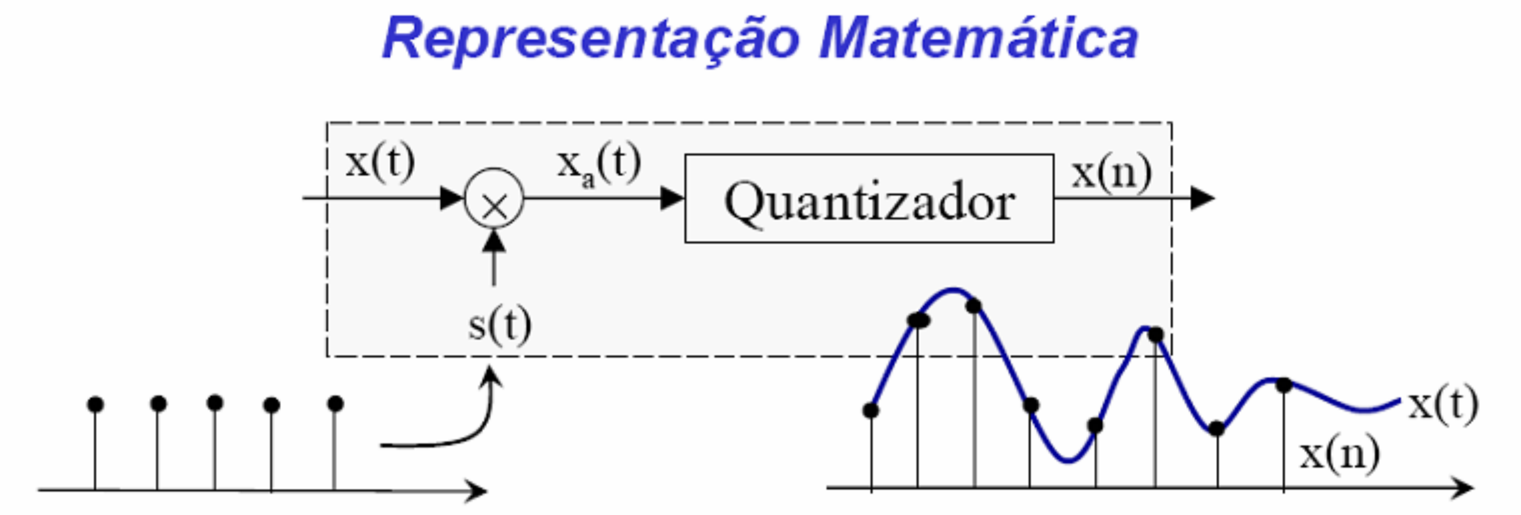
Conversão Analógico / Digital

Sinal Analógico → **Amostragem** → Sinal amostrado → **Quantização** → Sinal Digital



1. Introdução

- Amostragem: multiplicação do sinal contínuo com um trem de impulsos unitário
- Quantização: conversão de cada ponto do sinal amostrado em um número binário

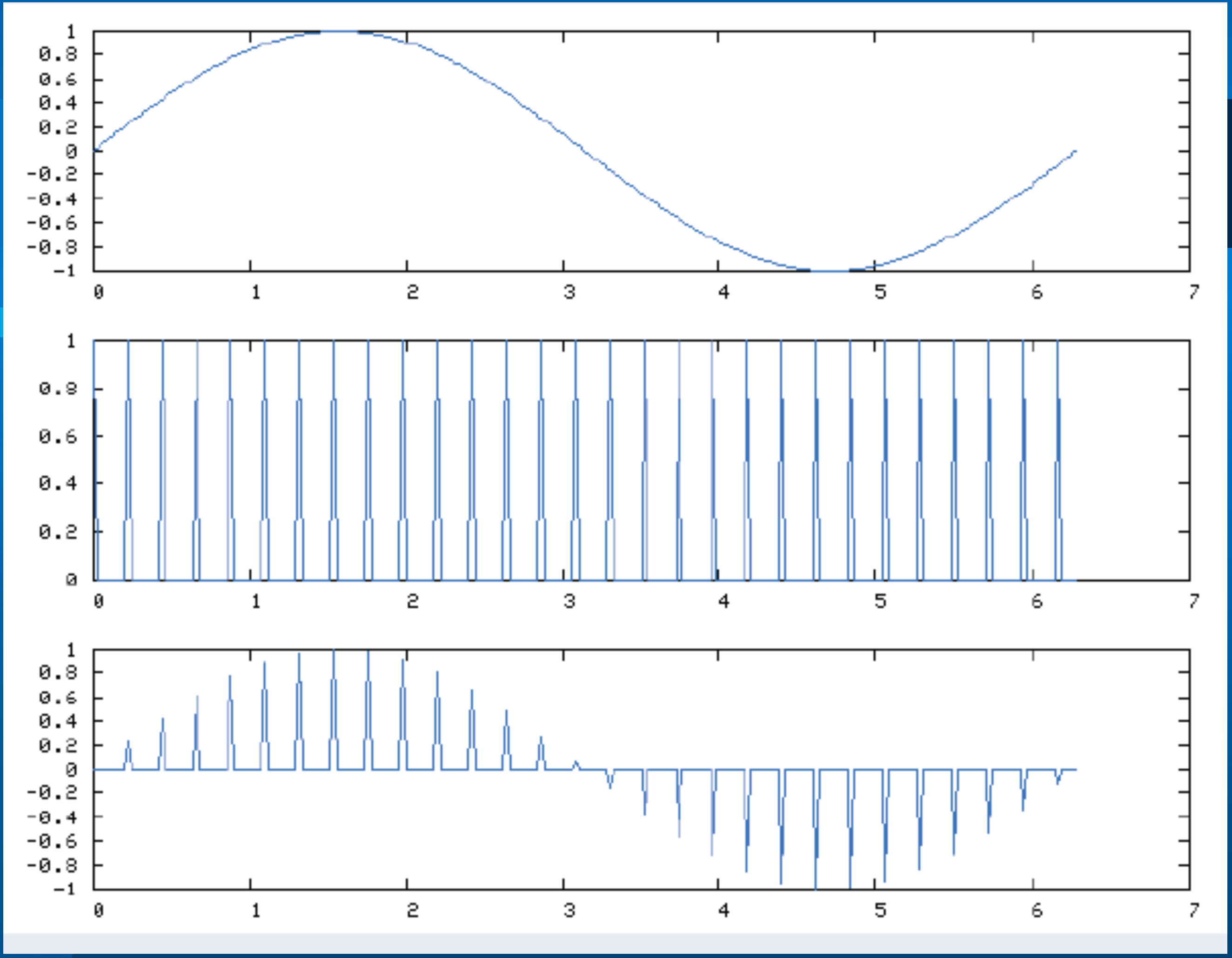


1. Introdução

- Diferenças entre o sinal digital e o sinal analógico: **amostragem** e **quantização**.
- Ambos os processos restringem a quantidade de informação presente no sinal digital.
- Perda de informação devido ao intervalo entre os instantes de amostragem e a precisão na quantização (número de bits).
- Questão fundamental: qual informação é necessária, e qual pode ser descartada, para uma dada aplicação?

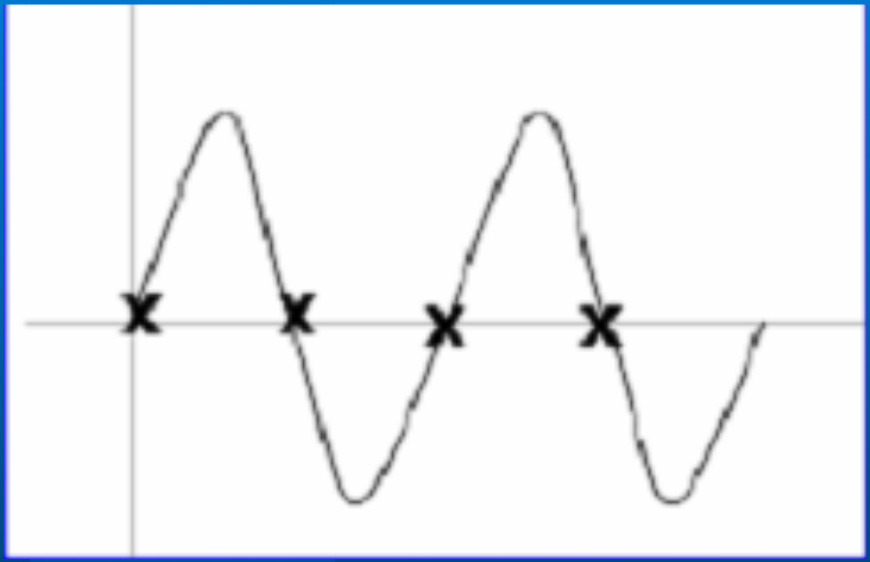
Conversão Analógico / Digital

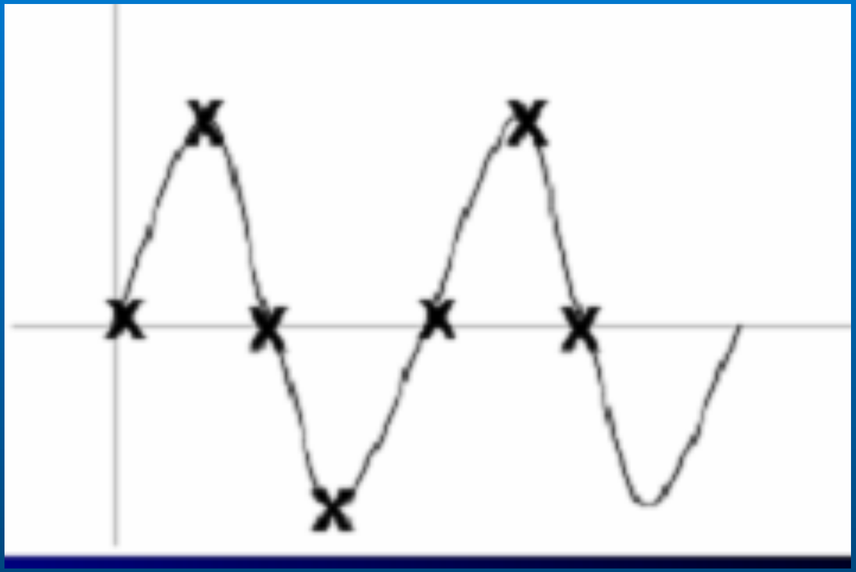
Qual deve ser a taxa de amostragem e o número de bits da quantização?



Conversão Analógico / Digital

Qual deve ser a taxa de amostragem e o número de bits da quantização?





Reconstrução do Sinal Digital

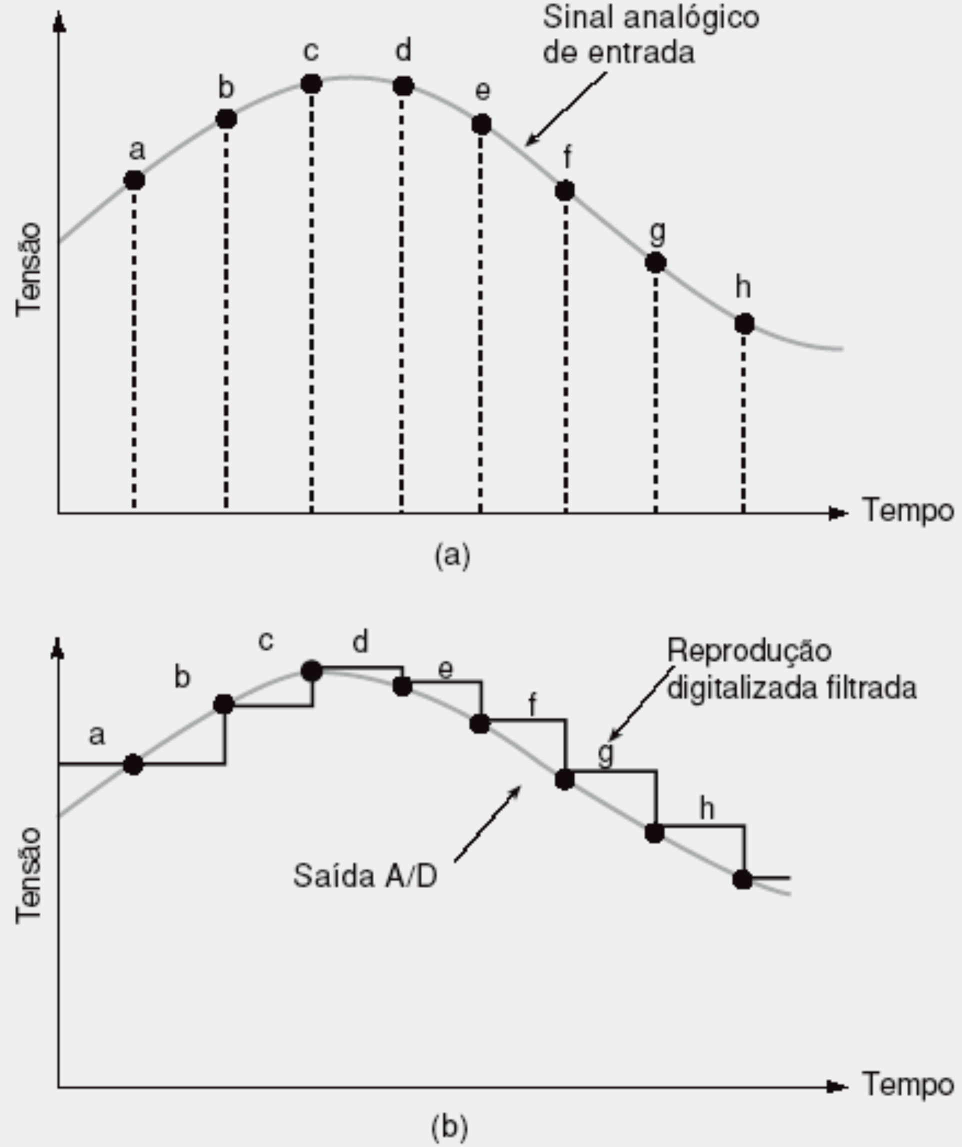
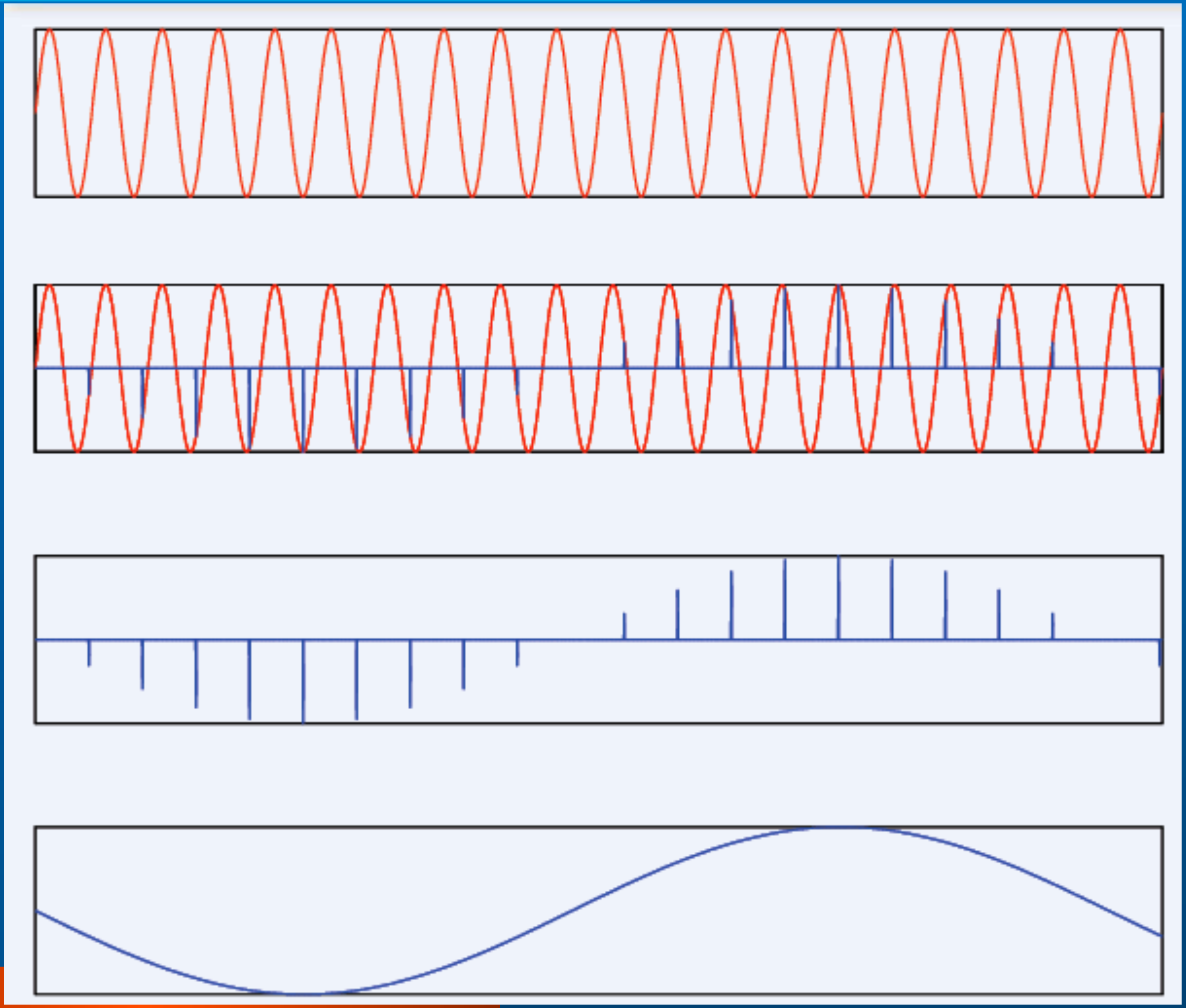


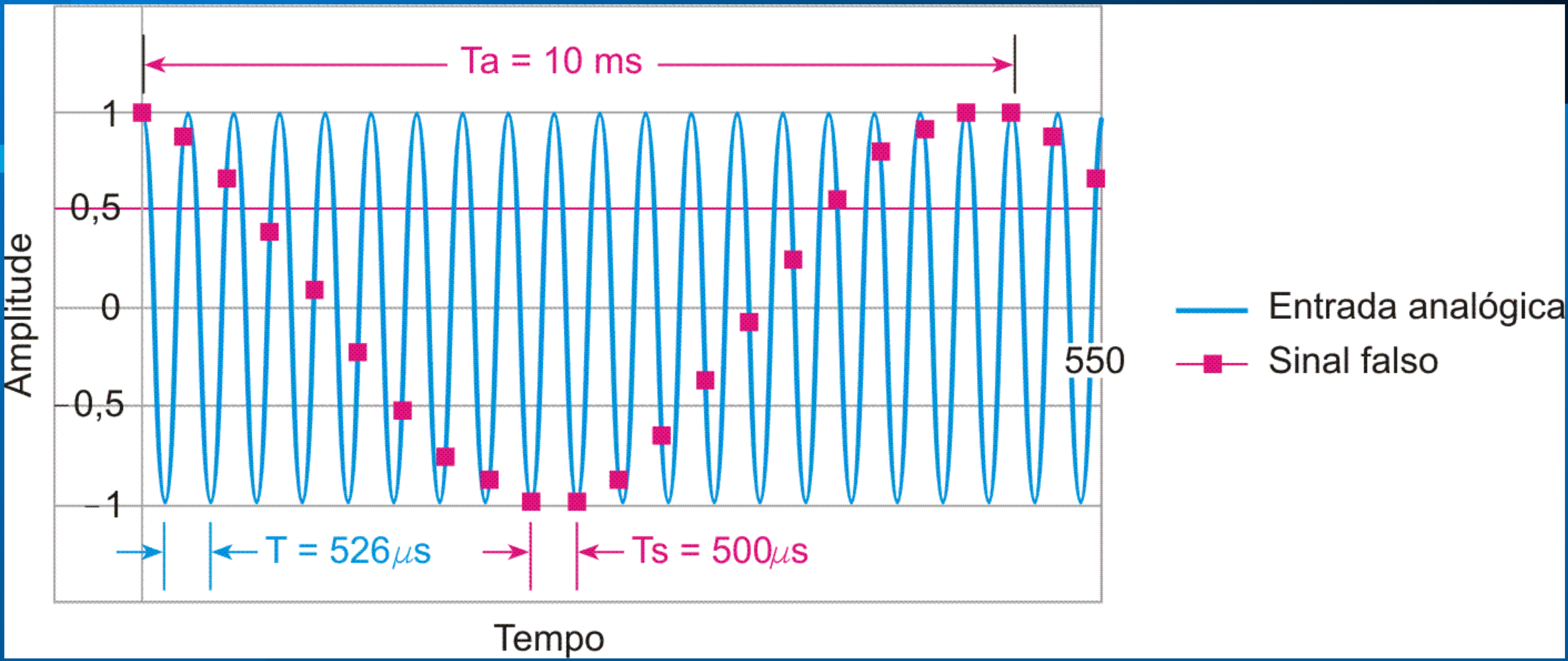
FIGURA 11.16
(a) Digitalizando um sinal analógico; (b) Reconstruindo o sinal analógico a partir dos dados digitais.

Aliasing

Um sinal amostrado com uma taxa muito baixa é reconstruído como um sinal de baixa frequência.



Aliasing



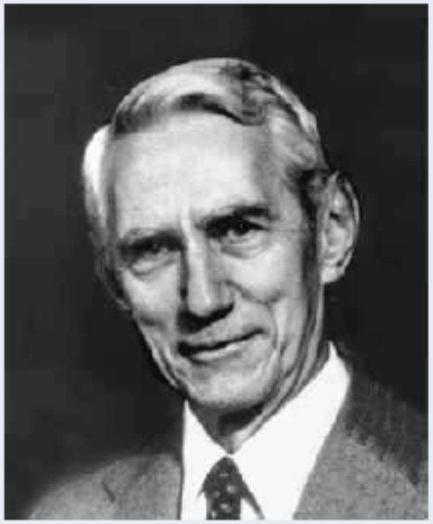
f_{sinal} = 1,9 kHz → T_{sinal} = 526 µs

Taxa de amostragem = 500µs → $f_{sampling}$ = 2,0kHz

Sinal Reconstruído = 2,0kHz – 1,9kHz = 100Hz (T=10ms)

3. Teorema da Amostragem (Nyquist / Shannon)

Harry Nyquist (1889-1976)



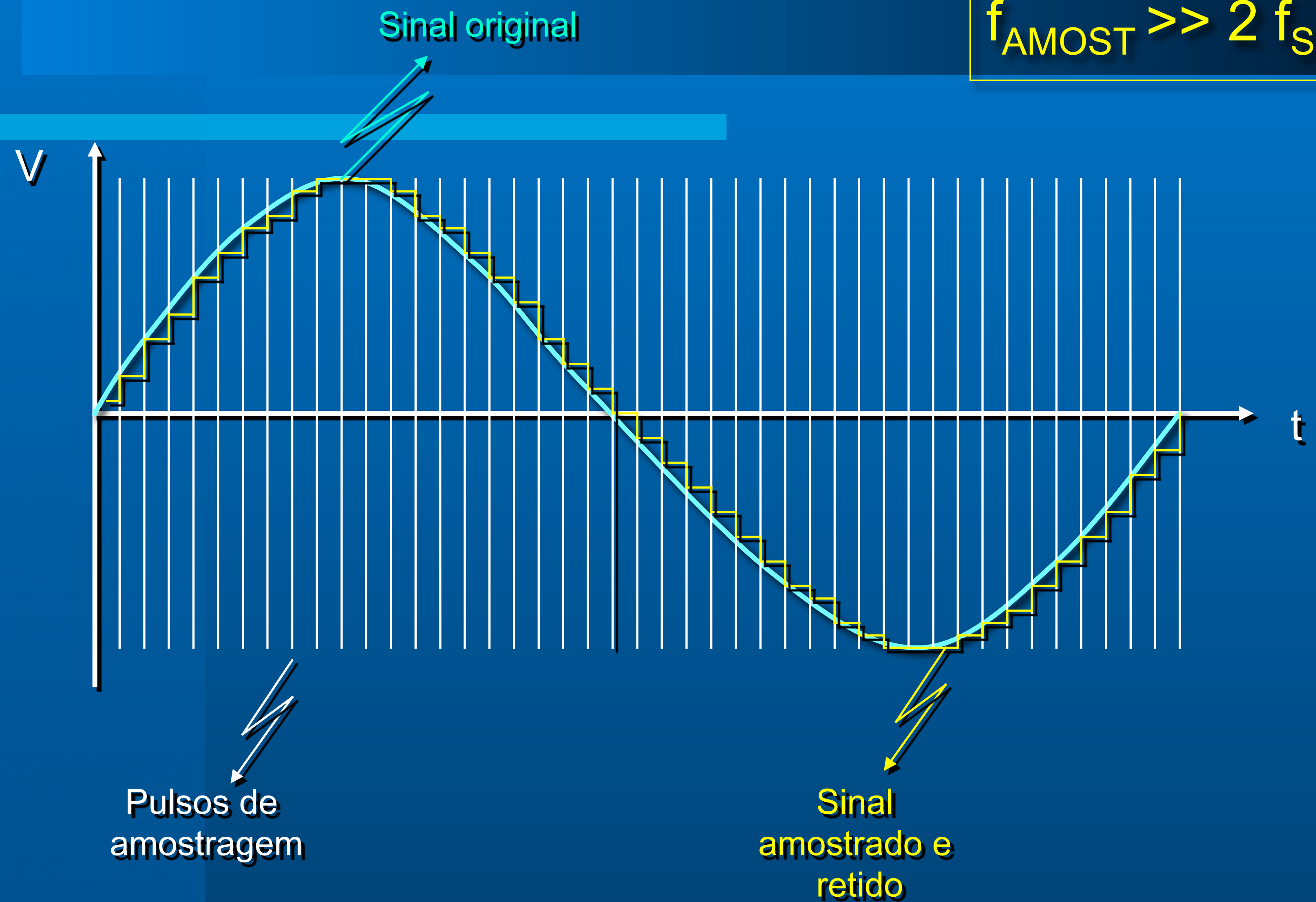
Claude E. Shannon (1916-2001)

Um sinal contínuo pode ser apropriadamente amostrado somente se ele não contiver componentes em frequência acima de metade da frequência de amostragem.

$$f_{max} \leqslant \frac{f_s}{2}$$

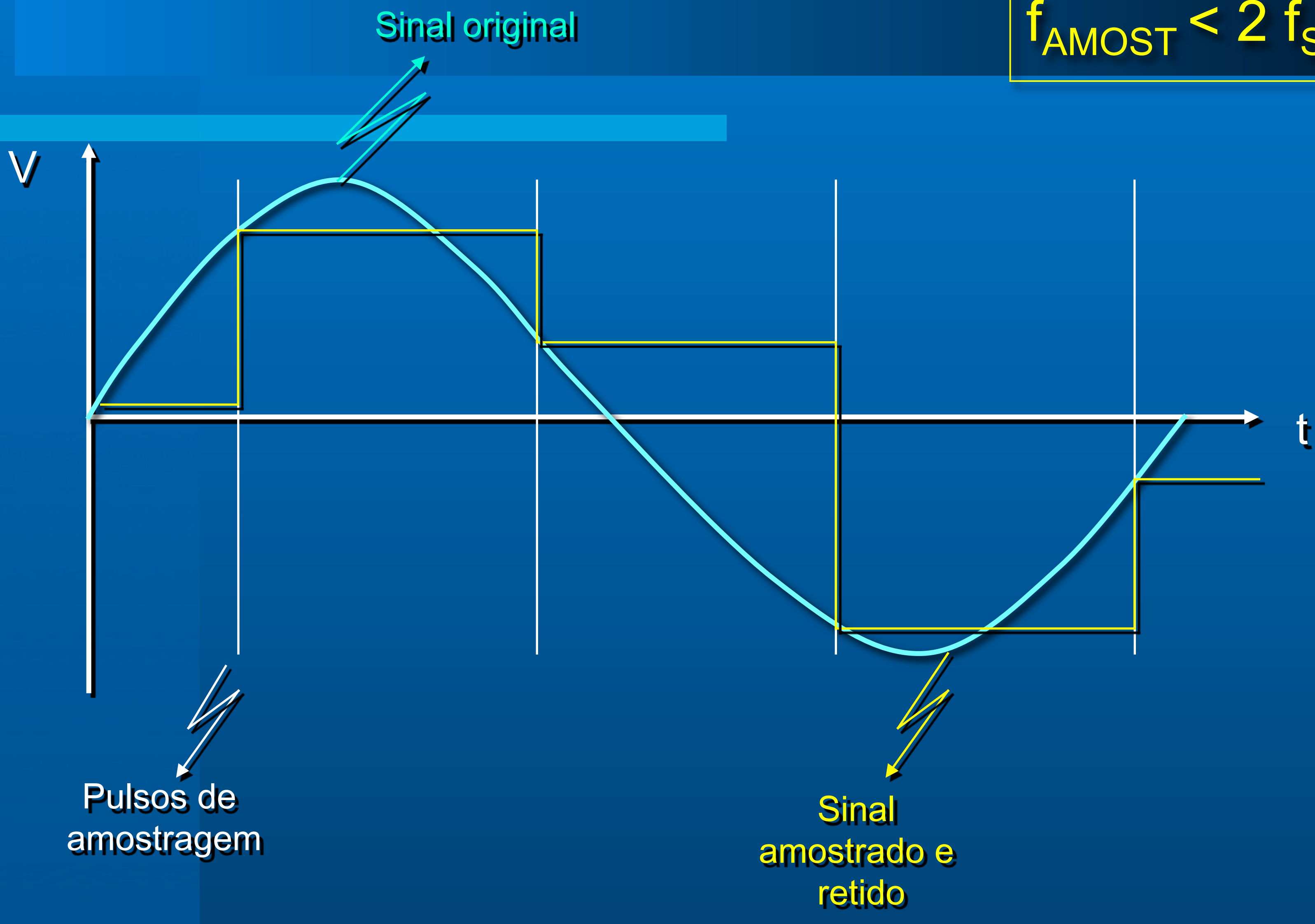
Aplicação do Teorema da Amostragem

$f_{AMOST} >> 2\ f_{SINAL}$



Perda de informação por subamostragem

$f_{AMOST} < 2\ f_{SINAL}$



Amostragem

- Um sinal digital não pode conter frequências acima da frequência de Nyquist (fs/2).
- Quando o sinal analógico tem somente componentes no intervalo (0 , fs/2), não ocorre aliasing.
- Caso contrário, toda frequência acima de fs/2 será mapeada para alguma frequência mais baixa, no intervalo (0 , fs/2).
- Cada frequência contínua acima da taxa de Nyquist tem uma frequência correspondente no intervalo (0, fs/2). Este sinal “falso” irá se somar ao sinal original, corrompendo o sinal reconstruído.

Filtros Anti-aliasing

- Remover todas as componentes do sinal acima de fs/2 antes da amostragem, através de um filtro analógico passa-baixas.
- Amostrar o sinal a uma taxa ligeiramente superior à taxa de Nyquist.
- Exemplo: em telefonia, os sinais de voz são filtrados por um filtro passa-baixas com frequência de corte igual a 3,4kHz, e a seguir amostrados à taxa de 8 KHz.

FIM